

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЁ ИЗУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКАМИ

Залесский Михаил Львович,

доцент Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского,
кандидат педагогических наук, г. Нижний Новгород

СУТЬ ПОНЯТИЯ «ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРЕПОДАВАНИЯ», МЕХАНИЗМ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА, ПОЛУЧАЕМЫЕ ПРИ ЕГО ПРИМЕНЕНИИ. ВАЖНОСТЬ УПОТРЕБЛЕНИЯ ТРЁХ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ — ВИЗУАЛЬНОГО, АУДИАЛЬНОГО И КИНЕСТЕТИЧЕСКОГО. ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРЕПОДАВАНИЯ ШКОЛЬНОГО КУРСА ФИЗИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ЗАКОН ОМА ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕПИ».

• восприятие информации • модальность • наглядность • визуальная информация • визуализация преподавания • визуальное мышление • зрительный образ

Закон Ома для участка цепи — одна из достаточно труднопонижаемых школьниками тем курса физики. На первый взгляд, определение достаточно простое: *сила тока в цепи прямо пропорциональна напряжению на её участке и обратно пропорциональна сопротивлению этого участка*. Проста и формула, связывающая три величины:

$$\frac{U}{R} = I$$

С другой стороны, в задачах, требующих минимального осмысления, ошибки встречаются достаточно часто. Чтобы не показаться голословными, предложим экспериментальной группе ответить на вопрос: *что произойдёт с сопротивлением, если при неизменном напряжении мы увеличим ток вдвое?* Большинство опрошенных, не сомневаясь, ответит: сопротивление уменьшится вдвое¹.

Попробуем разобраться. Ученик действительно плохо понимает, что такое электрический ток. Поэтому, решая задачу, он идёт по пути наименьшего сопротивления — подставляет данные задачи в формулу и дальше решает математическую задачу.

Почему так происходит? Рискнём предположить, что одна из причин рассматриваемой

ситуации заключается в том, что около 80–90% информации человек получает благодаря визуальным каналам восприятия². Более того, существует три основных вида модальности (инструмента получения и обработки информации): зрение, слух, ощущения. Всё, что относится к зрению — воспоминания и представления зрительных образов — называется визуальной модальностью; слуховая память — аудиальной модальностью; а опыт движений, прикосновений, т. е. опыт так называемой моторной деятельности, — кинестетической модальностью.

Понятно, что у любого человека в разной степени присутствуют все эти способности. Однако всегда есть ведущая модальность — приоритетный способ восприятия информации. Если используемый педагогом способ представления информации совпадает с ведущей модальностью ученика, ученик хорошо усваивает материал.

¹ Опрошено было 70 первокурсников ИЭП ННГУ (3 группы) специальностей «прикладная информатика» и «бизнес-информатика». Все они сдали ЕГЭ по физике. Правильно ответили двое, один ограничился фразой «помню, что что-то здесь не так».

² Ермилова Е.Б. Визуализация обучения как средство формирования учебных способностей: дис. кандидат педагогических наук: 13.00.01 — Общая педагогика, история педагогики и образования. — Казань. 1999. — С. 5.

Если педагог переключается с ведущей модальности на другую, не свойственную данному ученику, то он вынужден транслировать информацию обратно в свою модальность. Такая трансляция требует временного отключения от реальности (школьник в это время не слышит педагога)³.

В зависимости от преобладающего способа восприятия информации людей можно условно разделить на три группы. Так, человек, у которого преобладают в мышлении зрительные образы, который «специализируется» на зрительном внутреннем опыте, называется визуалом, специализирующийся на слуховом опыте, — аудиалом, специализирующийся на ощущениях, — кинестетиком⁴. И если обладателю моторной памяти достаточно несколько раз решить типовую задачу, аудиалу — услышать объяснение, то визуалу для усвоения информации необходима картинка.

В этом нет ничего нового — проблема наглядности поднималась еще Я.А. Коменским, И.Г. Песталоцци, А. Дистервегом, К.Д. Ушинским. Я.А. Коменский впервые

возводит использование наглядности в дидактический принцип построения обучения на конкретных образах, непосредственно воспринимаемых учащимися, а ощущения и восприятие считает основной формой познания⁵. Известно, что восприятие и воспроизведение визуальной информации требуют меньше времени по сравнению с вербальной. Работы С. Мадиган и М. Роуз доказывают, что успешность восприятия и запоминания визуальной информации зависит от продолжительности демонстрации наглядного материала и не связана с длительностью интервала между его показами, в то время как усвоение вербального материала зависит именно от последнего⁶.

А что мы можем показать школьнику при изучении Закона Ома? Электроскоп? Гальванометр? Лампочку? Этими демонстрациями мы иллюстрируем формулу, но не процесс. Как в проводнике движется ток, ученик в результате не увидит. Мы достаточно часто отмахиваемся от такого ученика, называя его «гуманитарием», понимая под этим, что нашему ученику «физику понять не дано». В результате мы эксплуатируем только моторную память, что и приводит к ситуации, описанной в начале статьи. Кроме того, те, кого мы назвали «гуманитариями», теряют интерес к предмету, ибо то, что они не способны понять, не может быть для них интересным⁷.

Если наше предположение верно, проблему может помочь решить *визуализация преподавания*.

Визуализация в общем виде — это «создание зрительных образов и управление ими»⁸. Иначе, визуализация — это «свертывание мыслительных содержаний в наглядный образ; будучи воспринятым, образ может быть развернут и служить опорой адекватных мыслительных и практических действий»⁹. Более того, «визуализация, как специфическая категория дидактики и теории воспитания шире по составу и сложнее по своей структуре, чем традиционно используемое понятие «наглядность». Оно включает систему педагогических мер, способствующих конструированию образа, воспринимаемого учащимся предмета, явления или их специфически отображенных в сознании связей»¹⁰.

³ Губернаторова Л.И. Визуализация учебной информации по физике как фактор повышения качества знаний в условиях // Вестник Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Педагогические и психологические науки. — 2015. — № 20 (39). — С. 29.

⁴ Там же. — С. 28.

⁵ Ермилова Е.Б. Визуализация обучения как средство формирования учебных способностей: дис. кандидат педагогических наук: 13.00.01 — Общая педагогика, история педагогики и образования. — Казань. 1999. — С. 4.

⁶ Кротова И., Камоза Т., Донченко Н. Метод визуализации в системе инновационного обучения // Высшее образование в России. — 2008. — № 4. — С. 165.

⁷ Залесский М.Л., Григорян М.Э. Учёт индивидуальных особенностей ученика как условие вовлечения его в учебную деятельность // Школьные технологии. — 2017. — № 6. — С. 55.

⁸ Губернаторова Л.И. Визуализация учебной информации по физике как фактор повышения качества знаний в условиях // Вестник Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Педагогические и психологические науки. — 2015. — № 20 (39). — С. 29.

⁹ Вербицкий, А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. — М.: Высш. шк., 1991. — 207 с.

¹⁰ Ермилова Е.Б. Визуализация обучения как средство формирования учебных способностей: дис. кандидат педагогических наук: 13.00.01 — Общая педагогика, история педагогики и образования. — Казань. 1999. — С. 169.

В контексте нашей проблемы *визуализация преподавания* — это способ активизации *визуального мышления учеников*.

Чтобы определить термин «визуальное мышление», обратимся к примеру, который предлагал автор термина — американский психолог Рудольф Арнхейм. «Петру и Павлу задали одну и ту же задачу: «Сейчас 3 часа 40 минут, сколько времени будет через полчаса?»»

Пётр поступает так: он помнит, что полчаса — это тридцать минут, поэтому надо 30 прибавить к 40. Так как в часе только 60 минут, то остаток в 10 минут перейдёт в следующий час. Так он приходит к ответу: 4 часа 10 минут.

Для Павла час — это круглый циферблат часов, а полчаса — половина этого круга. В 3 часа 40 минут минутная стрелка стоит под косым углом слева на расстоянии двух пятиминутных делений от вертикали. Взяв эту стрелку за основу, Павел разрезает диск пополам и попадает в точку, которая находится в двух делениях справа от вертикали, на противоположной стороне. Так он получает ответ и переводит его в числовую форму: 4 часа 10 минут.

И Петр, и Павел решили эту задачу мысленно. Петр переводит её в количества, не связанные с чувственным опытом. Он производил операции с числами по тем правилам, которые он усвоил с детства: $40 + 30 = 70$; $70 - 60 = 10$. Он мыслил «интеллектуально».

Павел же применил в этой задаче соответствующий визуальный образ. Для него целое — это простая законченная форма, половина — это половина этой формы, а ход времени — это не увеличение арифметического количества, а круговое движение в пространстве. Павел мыслит «визуально»¹¹, то есть анализирует некий визуальный образ (модель) и, исходя из этого анализа, делает вывод, опираясь на который, отвечает на вопрос задачи. «Другими словами, визуальные образы являются не иллюстрацией к мыслям автора, а конечным проявлением самого мышления. В отличие от обычного использования средств наглядности, работа визуального мышления есть деятельность разума в специальной среде, благодаря ко-

торому и становится возможным осуществить перевод с одного языка предъявления информации на другой, осмыслить связи и отношения между её объектами»¹².

Вернёмся от теории к практике. Конкретизируем задачу. Обычная школа. Дети — «гуманитарии», то есть особого интереса к физике не испытывают, каких-то дополнительных знаний, помогающих понять предмет, не имеют, более того, убеждены, что всё, что связано с физикой, непонятно и скучно¹³. Мы должны сделать так, чтобы наши «гуманитарии» поняли закон Ома.

Последуем рекомендациям классиков. Назовём основные шаги, которые нам понадобится сделать.

Во-первых, создадим специальную среду, модель, понятную, представляемую, анализируемую. Модель, которую ученик сможет наблюдать долго.

Во-вторых, предложим ученику её проанализировать, т.е. фактически предложим ему провести серию умозрительных экспериментов.

В-третьих, поможем систематизировать результаты умозрительных экспериментов и сделать необходимые выводы.

В-четвёртых, вместе с учеником, опираясь на сделанные выводы, построим необходимые аналогии и объясним моделируемый процесс.

Проиллюстрируем процесс в форме диалога учитель (У) — ученик (У).

Шаг первый.

У: Представим себе металлическую бочку с водой (рис. 1). Сделаем в стенке бочки отверстие, приварим к бочке трубу. На трубе поставим вентиль. Представляешь?

у: Представляю.

¹¹ Арнхейм Р. Новые очерки по психологии искусства. Пер. с англ. — М.: Прометей, 1994. — С. 153.

¹² Там же. — С. 154.

¹³ Залесский М.Л., Григорян М.Э. Учёт индивидуальных особенностей ученика как условие вовлечения его в учебную деятельность // Школьные технологии. — 2017. — № 6. — С. 55.

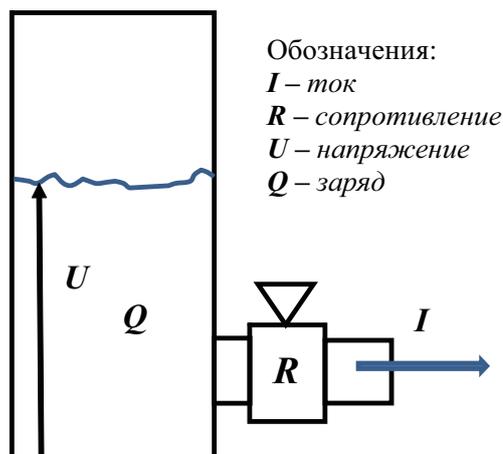


Рис. 1

Переходим ко второму шагу.

У: Вода будет вытекать из трубы?»

у: Будет.

У: Можем ли мы визуально оценить скорость вытекания воды? Можем сказать «быстро течёт», «медленно течёт»?

у: Можем.

У: Замечательно! Обозначим скорость течения воды какой-нибудь буквой, например I .

Теперь на пути воды поставим вентиль (кран), который можно открывать и закрывать.

Как, по-твоему, вентиль будет мешать воде вытекать, сопротивляться её течению?

у: Будет.

У: Поскольку вентиль можно открывать и закрывать, значит, и сопротивляться он будет по-разному. Согласен?

у: Согласен.

У: Обозначим положение вентилля какой-нибудь буквой, например R (от английского resist — сопротивляться). Как, по-твоему, если кран открыт, сопротивление течению увеличится или уменьшится?

у: Уменьшится.

У: А скорость течения?

у: Увеличится.

У: Иными словами, скорость течения обратно пропорциональна сопротивлению. В наших обозначениях:

$$I \sim \frac{1}{R}$$

Согласен?

у: Согласен.

У: То есть если вентиль открыть, вода в любом случае потечёт?

у: Потечёт, если вода есть в бочке.

У: Обозначим уровень воды буквой U . Введём ещё одно обозначение — обозначим массу воды в бочке буквой Q . Это обозначение понадобится нам чуть позже. Как, по-твоему, от уровня воды в бочке скорость течения зависит?

у: Конечно! Чем выше уровень, тем быстрее потечёт.

У: Иными словами, скорость течения пропорциональна уровню воды, или, в наших обозначениях,

$$I \sim U$$

Согласен?

Обратите внимание, что мы опираемся на выводы, которые делает ученик, анализирующий модель. До этого момента ему всё совершенно понятно и визуализируемо. Эта бочка с водой явно часть его зрительного опыта — где-то он её видел, он её представляет, помнит.

А вот теперь предложим ученику сделать вывод. Это уже **третий шаг** — сначала мы работали с образом, теперь образ нужно развернуть и выполнить последовательность мыслительных действий (см. выше). Здесь может понадобиться наша помощь.

Для удобства, вернёмся в более привычный формат монолога. Возвращаемся к выводам, полученным выше:

- скорость течения пропорциональна уровню воды;
- скорость течения обратно пропорциональна сопротивлению.

Что в принятых нами обозначениях запишется следующим образом:

$$I \sim U; I \sim \frac{1}{R}$$

Очевидно, из этого следует:

$$I \sim \frac{U}{R}$$

Четвёртый шаг.

Поздравляем учеников, сообщаем, что умозрительно они практически вывели закон Ома для участка цепи. Сообщаем им, что буквой I в физике обозначают ток, измеряемый в амперах, буквой U — напряжение, измеряемое в вольтах, буквой R — сопротивление, измеряемое в омах; что сила тока зависит от напряжения и сопротивления так же, как скорость течения воды от сопротивления вентиля и уровня воды в бочке; и что если бы мы ставили опыт с реальными проводниками и имели в своём распоряжении амперметр, вольтметр и омметр, мы бы смогли доказать Закон Ома полностью, т.е. получили бы общеизвестную формулу, с которой мы начали беседу:

$$I = \frac{U}{R}$$

Напоследок предлагаем найти связь, опираясь на нашу модель, скорости течения воды и массы воды в бочке. Не сразу, но получаем: скорость течения воды равна скорости изменения массы воды, находящейся в бочке, т.е., в принятых нами обозначениях:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Далее сообщаем, что буквой Q в физике обозначается заряд, измеряемый в кулонах, и формулируем второе определение силы тока: сила тока равна скорости изменения заряда. Всё!

Чтобы проиллюстрировать работу модели, вернёмся к задаче, о которой говорили в начале. Повторим: ученику предлагалось выяснить, что произойдёт с сопротивлением, если при неизменном напряжении мы увеличим ток вдвое? Выше мы предлагали переходить от образа (модели) к задаче. Попробуем осуществить переход в обратном направлении. Для принятой нами моде-

ли задача читалась следующим образом: что произойдёт с положением вентиля, если при неизменном уровне воды в бочке увеличить скорость её течения (вытекания) вдвое? Не будем даже пытаться анализировать. Такого не может быть. Задача не имеет физического смысла.

Модель достаточно хорошо работает, привлекает интерес школьников. При дальнейшем изучении физики к модели удаётся несколько раз вернуться. Каждое такое возвращение, согласно работам С. Мадиган и М. Роуз, увеличивает успешность восприятия и запоминания информации¹⁴. Более того, модель расширяется, помогая объединить отдельные фрагменты темы в систему.

Проиллюстрируем последнее утверждение с помощью двух коротких примеров. Рассматривая примеры, будем придерживаться последовательности шагов, сформулированной выше.

Пример 1.

Задача, которая у наших «гуманитариев» достаточно часто вызывает непонимание.

Цепь состоит из двух резисторов, соединённых последовательно (рис. 2).

Ток течёт слева направо. $R_1 = 5$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $I_1 = 2$ А. Чему равны I_2 и I_3 ?

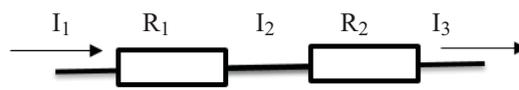


Рис. 2

Нашим «гуманитариям» почему-то кажется, что после каждого резистора ток становится меньше. Это не так.

Можно предложить ученику запомнить формулу. Можно предложить запомнить правило: при последовательном соединении проводников сила тока во всех проводниках одинакова. А можно предложить модель.

Вот фрагмент урока, построенный по сформированному выше алгоритму.

¹⁴ Кротова И., Камоза Т., Донченко Н. Метод визуализации в системе инновационного обучения // Высшее образование в России. — 2008. — № 4. — С. 165.

Шаг первый.

У: Давай заменим провода трубой, а резисторы — водопроводными кранами (вентильями) (рис. 3). Представляешь?

у: Да.

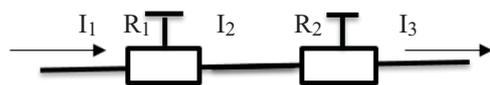


Рис. 3

У: Вода течёт слева направо. Где скорость течения больше — на входе или на выходе?

у: На входе.

У: Вспомни бочку с водой. Мы тогда сформировали формулу скорости течения

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Что мы обозначили буквой Q ?

у: Массу.

У: Тогда, по-твоему получается, что если в трубу за секунду втекает два килограмма воды, то вытекает за секунду, например, килограмм.

у: Да.

У: Куда тогда девается ещё килограмм? Выход из трубы только один, в стенки вода не впитывается.

И вот тут ученик делает **третий шаг:**

у: Значит, сколько втекло, столько вытечет.

У: Молодец!

у: Значит, скорость течения по всей трубе будет одинакова.

Четвёртый шаг.

У: Если понимать под скоростью течения, как мы договорились на примере с бочкой, скорость изменения массы, то одинакова. Заметим, что ток ведёт себя так же. При последовательном соединении проводников сила тока во всех проводниках одинакова.

Пример 2.

Ещё один момент, который вызывает затруднения при понимании, — это суммарное сопротивление при последовательном и параллельном соединении резисторов. Действительно, как объяснить «гуманитария», что подключение к цепи резистора последовательно суммарное сопротивление увеличивает, параллельно — уменьшает?

Попробуем использовать визуальное мышление.

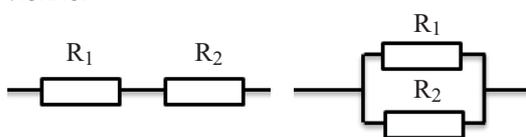


Рис. 4

Шаг первый.

Представим, что все провода — это трубы, а все резисторы — водопроводные краны, причём каждый кран пропускает лишь половину воды, которая на него приходит.

Рассмотрим сначала последовательное соединение проводников.

Шаг второй.

Очевидно, что первый кран пропустит половину воды. Если последовательно подключить ещё один кран, он пропустит половину от половины. То есть два последовательно соединённых крана пропустят четверть воды.

Шаг третий.

Значит, подключение крана последовательно суммарное сопротивление течению воды увеличивает.

Перейдём к параллельному соединению.

Шаг второй.

Очевидно, что первый кран пропустит половину воды, но, если параллельно ему подключить второй кран, вторая половина воды пройдёт через него. В результате два параллельно соединённых крана пропустят всю воду.

Шаг третий.

Значит, подключение крана параллельно уменьшает суммарное сопротивление течению воды.

Четвёртый шаг.

Электрический ток ведёт себя так же, как вода в нашей модели. Закономерности, полученные нами для соединения водопроводных кранов, верны и для соединения резисторов — подключение к цепи резистора последовательно суммарное сопротивление увеличивает, параллельно — уменьшает.

В этот момент можно показывать опыт с амперметром, писать формулы для расчёта сопротивления, наш «гуманитарий» готов их принять.

Можно спорить о физической точности предложенных моделей, искать в них недостатки, но мы и не ставили задачу идеально смоделировать процесс, мы конструировали образ, позволяющий лишь смоделировать общие закономерности. Давайте проанализируем, что и зачем мы делали.

Во-первых, мы заменили непонятные пока для ученика понятия на наглядный образ. Заметим, мы не использовали плакаты, макеты, демонстрационную посуду, мы предложили ученику самому представить бочку с водой — нам надо было опереться на зрительный опыт ученика¹⁵.

Во-вторых, мы предлагали достаточно долго ученику этот образ исследовать. Это помогает ученику воспринять образ. Фактически он работает с этим образом весь урок, что обеспечивает успешность восприятия и запоминания полученной информации¹⁶.

В-третьих, мы помогаем ученику, опираясь на анализ образа, сделать вывод. Т.е. приучаем его проводить умозрительный эксперимент. Это действие он повторит несколько раз за урок, что позволит ему сформировать основы навыка. Более того, в последующем каждый раз, когда у ученика будут возникать проблемы с законом Ома, мы сможем вернуть его к нашему образу, просто сказав: вспомни бочку. Он

и сам, каждый раз, видя водопроводный кран, будет вспоминать закон Ома. Многократное возвращение к образу ещё больше закрепляет восприятие полученной информации.

В-четвёртых, мы изменили привычный для ученика образ урока. Он привык к объяснению, демонстрации каких-то приборов, конспектированию. Здесь мы весь урок предлагаем ученику работать с образом, видимым только ему. Фактически выводы делает он. Непривычность ситуации привлекает внимание, вызывает интерес повышает работоспособность¹⁷.

В-пятых, мы не отказались от привычного варианта изложения темы, мы лишь изменили вид наглядного пособия, превратив его из картинку на доске в визуальный образ, с которым ученик может работать. Мы дали ученику выбор: он может слушать объяснения, а может анализировать визуальный образ. Выбор его будет зависеть от его ведущей модальности.

Подытожим. Преподавание любой темы школьного курса физики (и не только физики) в большей или меньшей степени должно сопровождаться использованием наглядных пособий. Связано это с тем, что наиболее эффективно информация усваивается учеником в том случае, когда присутствуют три компонента её предоставления — визуальная, аудиальная и кинестетическая. Однако не ко всем темам достаточно легко подобрать эффективные наглядные пособия. Один из примеров такой темы — закон Ома для участка цепи. В этом случае достаточно эффективной может стать визуализация преподавания — опора на визуальное мышление ученика, работа с неким специально конструируемым зрительным образом, позволяющим ученику смоделировать, представить рассматриваемые процессы.

¹⁵ Залесский М.Л., Скобло М.Р. К вопросу о преподавании физики студентам гуманитарных специальностей: теория и практика // Известия Уральского федерального университета. Серия 1: Проблемы образования, науки и культуры. — 2014. — Т. 132. № 4. — С. 148.

¹⁶ Кротова И., Камоза Т., Донченко Н. Метод визуализации в системе инновационного обучения // Высшее образование в России. — 2008. — № 4. — С. 165.

¹⁷ Залесский М.Л., Григорян М.Э. Стресс ученика. Хорошо это или плохо? // Школьные технологии. — 2017. — № 3. — С. 65.

Технология визуализации повышает качество усвоения материала за счёт интеллектуальной доступности подачи учебного материала. Сочетание визуального образа, текста, устного пояснения преподавателя позволяет учесть индивидуальные особенности усвоения материала каждым учеником, повысить интерес к предмету, повысить мотивацию к его изучению. Включение в преподавание элементов визуализации позволяет каждому ученику обучаться в наиболее благоприятных для него условиях. □

Литература

1. Ермилова Е.Б. Визуализация обучения как средство формирования учебных способностей: дис. кандидат педагогических наук: 13.00.01 — Общая педагогика, история педагогики и образования. — Казань. 1999. — 194 с.
2. Губернаторова Л.И. Визуализация учебной информации по физике как фактор повышения качества знаний в условиях // Вестник Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича Столетовых. Серия: Педагогические и психологические науки. — 2015. — № 20 (39). — С. 27–37.
3. Кротова И., Камоза Т., Донченко Н. Метод визуализации в системе инновационного обучения // Высшее образование в России. — 2008. — № 4. — С. 164–167.
4. Залесский М.Л., Григорян М.Э. Учёт индивидуальных особенностей ученика как условие вовлечения его в учебную деятельность // Школьные технологии. — 2017. — № 6. — С. 54–59.
5. Вербицкий, А.А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. — М.: Высш. шк., 1991. — 207 с.
6. Арнхейм Р. Новые очерки по психологии искусства. Пер. с англ. — М.: Прометей, 1994. — 352 с.
7. Залесский М.Л., Скобло М.Р. К вопросу о преподавании физики студентам гуманитарных специальностей: теория и практика // Известия Уральского федерального университета. Серия 1: Проблемы образования, науки и культуры. — 2014. — Т. 132. № 4. — С. 147–153.
8. Залесский М.Л., Григорян М.Э. Стресс ученика. Хорошо это или плохо? // Школьные технологии. — 2017. — № 3. — С. 62–68.

Literatura

1. Yermilova Ye.B. Vizualizatsiya obucheniya kak sredstvo formirovaniya uchebnykh spo-sobnostey: dis. kandidat pedagogicheskikh nauk: 13.00.01 — Obshchaya pedagogika, istoriya pedagogiki i obrazovaniya. — Kazan'. 1999. — 194 s.
2. Gubernatorova L.I. Vizualizatsiya uchebnoy informatsii po fizike kak faktor povysheniya kachestva znaniy v usloviyakh // Vestnik Vladimirskogo gosudarstvennogo universiteta im. Aleksandra Grigor'yevicha i Nikolaya Grigor'yevicha Stoletovykh. Se-riya: Pedagogicheskiye i psikhologicheskiye nauki. — 2015. — № 20 (39). — S. 27–37.
3. Krotova I., Kamoza T., Donchenko N. Metod vizualizatsii v sisteme innovatsionnogo obucheniya // Vyssheye obrazovaniye v Rossii. — 2008. — № 4. — S. 164–167.
4. Zaleskiy M.L., Grigoryan M.E. Uchot individual'nykh osobennostey uchenika kak usloviye вовлечения yego v uchebnuyu deyatel'nost' // Shkol'nyye tekhnologii. — 2017. — № 6. — S. 54–59.
5. Verbitskiy A.A. Aktivnoye obucheniye v vysshey shkole: kontekstnyy podkhod. — M.: Vyssh. shk., 1991. — 207 s.
6. Arnkheyim R. Novyye ocherki po psikhologii iskusstva. Per. s angl. — M.: Prometey, 1994. — 352 s.
7. Zaleskiy M.L., Skoblo M.R. K voprosu o prepodavanii fiziki studentam guma-nitar'nykh spetsial'nostey: teoriya i praktika // Izvestiya Ural'skogo federal'nogo universiteta. Seriya 1: Problemy obrazovaniya, nauki i kul'tury. — 2014. — T. 132. № 4. — S. 147–153.
8. Zaleskiy M.L., Grigoryan M.E. Stress uchenika. Khorosho eto ili plokho? // Shkol'nyye tekhnologii. — 2017. — № 3. — S. 62–68.